

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-274426

(43)Date of publication of application : 22.10.1993

(51)Int.Cl. G06F 15/66
G06F 15/68

(21)Application number : 04-068295 (71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 26.03.1992 (72)Inventor : HIRONO HIDEO
TAKAHASHI HIRONOBU

(54) IMAGE PROCESSOR AND DISTORTION CORRECTING METHOD OF IMAGE
PROCESSOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a correction function for correcting distortion from image data.
CONSTITUTION: A checkered characteristic pattern is picked up by an image input device 10 and feature points (intersection) are detected from the image pickup data. A mapping function obtained when a pinhole camera is used as a television camera is generated from an array of feature points nearby the center and the position on a screen. The reference position of the feature points as to the whole screen is calculated from the mapping function and compared with the actual position on the screen to calculate the correction function, which is stored in a correction function generating device 32. Then, the input image is normally corrected with the correction function and outputted to an image output device 20.

LEGAL STATUS [Date of request for examination] 06.07.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2940736

[Date of registration] 18.06.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

**JPO and INPIT are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.**

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The focus extract process of extracting the focus from the image pick-up data of the pattern for proofreading whose arrangement of the focus it is the distortion amendment approach in the image processing system which amends distortion of the image in the image pick-up data obtained with image pick-up equipment, and is known, The location of the focus of the predetermined number near the center in the image pick-up data obtained by this focus extract means, Based on the data about the pattern for proofreading, image pick-up equipment is assumed to be a pinhole camera. The mapping function calculation process which computes the mapping function which shows both relation, and the criteria location calculation process which computes the criteria-almost location in the image pick-up data of the focus all over the districts of image pick-up data using the mapping function obtained

with this mapping function calculation means, The distortion amendment approach characterized by having the correction function calculation process which computes the correction function for amending the location of the focus based on the location of the focus obtained by this criteria location calculation means, and the location of the focus in image data, and using this correction function for distortion amendment of image pick-up data.

[Claim 2] It is the distortion correction function calculation approach in the image processing system which amends distortion of the image in the image pick-up data obtained with image pick-up equipment. The focus extract process of having a checkered pattern and extracting an intersection location from the image pick-up data about the pattern for proofreading whose arrangement of the intersection in a pattern is known as the focus, The correction function calculation process which computes the correction function for amending the location of the focus based on the location of the focus obtained by this focus extract means, and the data about the pattern for proofreading, It is the distortion amendment approach which amends distortion of image pick-up data using the correction function obtained according to the implication and the correction function calculation process. The above-mentioned focus calculation process The evaluation value for every processing-object location is computed using the template which defines the operation means about the image pick-up data of the circumference including a processing-object location. The distortion amendment approach characterized by computing the boundary line of a pattern from the change condition of the image pick-up data of the circumference computed from this evaluation value, and computing the location of the focus from the intersection of this boundary line.

[Claim 3] The correction function storage section which is the image-distortion compensator which amends distortion of an image from the image pick-up data obtained with image pick-up equipment, and memorizes the correction function for amending image pick-up data, An amendment means to amend image pick-up data using the correction function read from this correction function storage section is included. The above-mentioned correction function storage section From the image pick-up data of the pattern for proofreading whose arrangement of the focus is known, extract the focus and among the obtained focus The location of the thing near the center in image pick-up data, Based on the data about the pattern for proofreading, the mapping function which assumed image pick-up equipment to be a pinhole camera is computed. The image-distortion compensator mostly characterized by memorizing the correction function obtained based on the criteria location of the focus of image pick-up data which computed the criteria location in the image pick-up data of the focus all over the districts, and was obtained, and the location of the focus in image data using the obtained mapping function.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the image processing which obtains the image which processes the image pick-up data obtained with image pick-up equipment, and does not have distortion.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally photoing an object object and a surrounding situation is performed by image pick-up equipments, such as a CCD camera, and processing the obtained image pick-up data and detecting an objective location is performed. Especially, in the intelligent robot who acts independently within a general environment while judging a situation himself, the vision of a three dimension is important, and to recognize an objective three-dimension location correctly from the image pick-up data obtained with image pick-up equipment is desired.

[0003] Especially, as compared with the case where the camera tube till then is used, distortion of an image decreases sharply by use of a CCD camera, and an exact image without distortion is obtained increasingly. Then, it is coming to be able to perform location recognition of a quite exact body by processing of the obtained image pick-up data. That is, an objective location can be recognized by modeling the digital image using a CCD camera etc. as transparent transformation.

[0004] However, the digital image obtained with the CCD camera also has distortion by various factors in fact, and a model is not wholly exact the bottom in transparent transformation. Then, conventionally, in case a three-dimension location is detected from image pick-up data, various kinds of amendments are performed about image pick-up data, and improving the precision of detection is proposed.

[0005] for example, a scientific publication -- " -- the Information Processing Society of Japan research report [] -- Vol.92 and No. -- others [/ 7 p.115 - 118 January, 1992:Onodera] -- " -- **** -- the grid pattern which was installed on monotonous and drawn is photoed with image pick-up equipment so that it may intersect perpendicularly to the optical axis of a camera, and amending image pick-up data is shown. That is, it aims at amending distortion resulting from the aberration of a lens, and this example defines a suitable correction function in consideration of the

property of this distortion. And a correction function is asked for a multiplier based on the comparison of the grid pattern which the physical relationship in the inside of three-dimension space understands beforehand to be image pick-up data for every pixel, and the boundary of a grid pattern being straight lines. And image pick-up data are amended using this correction function.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Thus, distortion of an image can be amended using the relation between the location in the inside of three-dimension space, and the location picturized in the image, and recognition of an objective location etc. can be made more exact. However, it is necessary to install the target grid pattern etc. in a known location to image pick-up equipment including an above-mentioned example by the conventional technique, and it difficult to install correctly by fluctuation of the optical axis of image pick-up equipment etc. in fact. Therefore, there was a trouble that it could not amend correctly, by this technique.

[0007] This invention aims at obtaining the approach of amending an exact image distortion in view of the above-mentioned technical problem, and equipment.

[0008]

[Means for Solving the Problem] This invention is the distortion amendment approach in the image processing system which amends distortion of the image in the image pick-up data obtained with image pick-up equipment. The focus extract process of extracting the focus from the monotonous image pick-up data describing the pattern for proofreading whose arrangement of the focus is known, The location of the focus of the predetermined number near the center in the image pick-up data obtained by this focus extract means, Based on the data about the pattern for proofreading, image pick-up equipment is assumed to be a pinhole camera. The mapping function calculation process which computes the mapping function which shows both relation, and the criteria location calculation process which computes the criteria-almost location in the image pick-up data of the focus all over the districts of image pick-up data using the mapping function obtained with this mapping function calculation means, Based on the location of the focus obtained by this criteria location calculation means, and the location of the focus in image data, it has the correction function calculation process which computes the correction function for amending the location of the focus, and is characterized by using this correction function for distortion amendment of image pick-up data.

[0009] Moreover, it is the distortion correction function calculation approach in the image processing system which amends distortion of the image in the image pick-up data obtained with image pick-up equipment. The focus extract process of having a checkered pattern and extracting an intersection location from the image pick-up data about the pattern for proofreading whose arrangement of the intersection in a pattern is known as the focus, The correction function calculation process which

computes the correction function for amending the location of the focus based on the location of the focus obtained by this focus extract means, and the data about the pattern for proofreading. It is the distortion amendment approach which amends distortion of image pick-up data using the correction function obtained according to the implication and the correction function calculation process. The above-mentioned focus calculation process The evaluation value for every processing-object location is computed using the template which defines the operation means about the image pick-up data of the circumference including a processing-object location. It is characterized by computing the boundary line of a pattern from the change condition of the image pick-up data of the circumference computed from this evaluation value, and computing the focus from the intersection of this boundary line.

[0010] Moreover, the correction function storage section which is the image-distortion compensator which amends distortion of an image from the image pick-up data obtained with image pick-up equipment, and memorizes the correction function for amending image pick-up data, An amendment means to amend image pick-up data using the correction function read from this correction function storage section is included. The above-mentioned correction function storage section The location of the thing near the center in the image pick-up data in the focus which extracted the focus and was obtained from the image pick-up data of the pattern for proofreading whose arrangement of the focus is known, Based on the data about the pattern for proofreading, the mapping function which assumed image pick-up equipment to be a pinhole camera is computed. It is mostly characterized by memorizing the correction function obtained based on the criteria location of the focus of image pick-up data which computed the criteria location in the image pick-up data of the focus all over the districts, and was obtained, and the location of the focus in image data using the obtained mapping function.

[0011]

[Function] Thus, according to this invention, by the comparison of the focus arrangement on the screen extracted from the monotonous image pick-up data describing the proofreading pattern with which the array of the focus has become settled, and the location in an actual screen, when a camera is assumed to be a pinhole camera, a mapping function is obtained. Since it is asking for the mapping function by this technique, the plate describing a proofreading pattern can be applied also in the location of arbitration, and it is not necessary to search for a camera and monotonous physical relationship with other means.

[0012] By this technique, it asks for a mapping function only using the whole screen or some data, and it can amend so that it may be suited. However, if the image amendment before of an image and after amendment uses the mapping function which is well in agreement, there will be few amounts of amendments of a location, the deficit in the flash from a screen and the side edge by shrinkage will decrease, and

desirable effectiveness will be acquired. Then, by this technique, the data near the center of a screen have a small distortion in many cases, and a mapping function is obtained using the data near a center using the property which is well in agreement with the image obtained from the pinhole camera.

[0013] Next, the criteria—location of the focus of the whole screen is computed using this mapping function. And a correction function is computed from the comparison of this criteria location and the location on an actual screen. For this reason, compared with the case where distortion of an image is amended, a suitable correction function is only computable from the location on a screen. And suitable image data can be amended using this correction function.

[0014] Furthermore, according to this invention, in the case of detection of the focus, the boundary line of a pattern is detected from the change condition of not only the processing for every pixel but pixel data, and the focus is detected according to the condition of this boundary line. For this reason, location detection of the exact focus can be performed compared with the processing for every mere pixel.

[0015] moreover -- thus, since image pick-up data are amended using the obtained correction function, an image without distortion can be obtained, according to the image processing, suitable location detection etc. can be performed and the precision of measurement of the environment condition in a robot etc. can be improved.

[0016]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained based on a drawing.

[0017] Drawing 1 is the block diagram showing the whole location detection equipment configuration concerning this invention. A picture input device 10 consists of CCD cameras etc., changes into a digital signal the analog video signal acquired as a luminance signal for every pixel by the A/D converter, and outputs it. the data from a picture input device 10 are supplied to the input image data storage memory 12 -- having -- the usual case -- one frame (one screen) -- it memorizes here.

[0018] And the image data read from here is supplied to image data correction equipment 16 through a switch 14. This image data correction equipment 16 has memorized the correction function beforehand, amends the image data for every pixel supplied from the input image data storage memory 12 using a correction function, and supplies this to the output image data storage memory 18. This output image data storage memory 18 reads the data which memorize the image data for one frame and are memorized here one by one, and supplies them to the image output unit 20. This image output unit 20 consists of CRT, and performs the display according to the image data memorized by the output image data storage memory 18. In the usual case, the data memorized by the output image data storage memory 18 are read synchronizing with a Vertical Synchronizing signal and a Horizontal Synchronizing signal, and through a D/A converter, it changes into a predetermined video signal and outputs to CRT. The display by which distortion of an image was amended in the

image output unit 20 by this is performed.

[0019] Moreover, the image-processing section 22 is also connected to image data correction equipment 16. This image-processing section 22 performs various kinds of image processings (for example, pattern recognition) etc. based on the image data amended by image data correction equipment 16, and performs the shape recognition of the object in image data, location measurement to that object, etc. Here, this location measurement is good to prepare two picture input devices 10 and to detect by trigonometry etc. from processing of the input image data from two picture input devices 10.

[0020] On the other hand, focus detection equipment 24 is connected to the switch 14. Then, the image data stored in the input image data storage memory 12 can be supplied also to focus detection equipment 24 by switching a switch 14. That is, in performing the usual image processing and the output of an image, in case it supplies input image data to image data correction equipment 16 and computes the correction function in image data correction equipment 16 (at for example, the time of initialization), a switch 14 is switched so that input image data may be supplied to focus detection equipment 24.

[0021] Focus detection equipment 24 processes the input image data supplied, for example, detects the location of the focus, such as a checkered intersection. And this detection result is supplied to the focus location storing memory 26. In the usual case, the input image data for one frame is processed, and the data about the location of the focus extracted out of this are stored in the focus location storing memory 26.

[0022] Next, the data about the location of the focus for which the focus location storing memory 26 was asked from the input image are supplied to the mapping function listing device 28. This mapping function listing device 28 assumes that it is that to which a picture input device 10 operates as a pinhole camera, and the mapping function of a picture input device 10 is computed from the data inputted. And the mapping function detected by the mapping function listing device 28 shifts, and is supplied to detection equipment 30. To this gap detection equipment 30, the data about a focus location are also supplied from the focus location storing memory 26, and the comparison of the criteria location of the focus obtained using the mapping function and the location of the detected focus detects both gap to it. The correction function listing device 32 is connected to this gap detection equipment 30, and from the gap supplied, this correction function listing device 32 computes the correction function for amendment to the data obtained by the mapping function, and supplies this correction function to the correction function storing memory 34.

[0023] Then, image data correction equipment 16 can read the correction function memorized by the correction function storing memory 34, and can supply the image data which amended input image data and was amended by this in the right location at the output image data storage memory 18 and the image-processing section 22.

[0024] Drawing 2 is a flow chart which shows the actuation by the whole correction function calculation of this example. Thus, in this equipment, the focus is extracted by processing input image data in focus detection equipment 24 (S1). Next, the location on the pattern of the obtained focus is determined (S2). And based on the data about the focus with which the location on a pattern was determined, and the photoed data about the pattern for a configuration, the correction function for detection of the gap in the data processed and obtained with creation of a mapping function and a mapping function and the gap dissolution based on these detection values is created, and a correction function is determined (S3).

[0025] The flow chart for explaining actuation of a focus extract to extract drawing 3 of the focus is shown. First, in this example, for correction function calculation, a specific proofreading pattern is prepared and a correction function is computed by image data processing about this proofreading pattern. Then, detection of the focus in a proofreading pattern performs detection of this focus.

[0026] In this example, a checkered pattern as shown in drawing 4 as a specific pattern is used, and let the intersection of this checkered pattern be the focus. Then, first, a template is hit to image data and the map of the value is made (S11). Here, the data about the circumference pixel of 36 including the processing-object point shown by the round mark as indicates to be a template to drawing 5 are processed, and the value of the point is calculated. In this example, the value about that pixel is added about the data of the nine upper left, and the data of the nine lower right, and the data about that pixel are subtracted about the data of the nine upper right, and the data of the nine lower left. By performing such processing, the value of the data processed by the template turns into maximum or the minimum value in the focus (intersection) of a checkered proofreading pattern. Then, the value for each point is calculated about all the data for one frame using this template. In addition, in here, the value about each point takes the absolute value. Then, each intersection will take the maximal value.

[0027] Next, the nearby maximal value is taken out sequentially from the map obtained by doing in this way (S12), and the location by Rhine fitting is computed to the point (S13). And the focus location computed by this Rhine fitting is outputted (S14). And S12-S13 are repeated to the last maximum point (S15).

[0028] Next, Rhine fitting in S13 is explained. If the focus is computed by processing using a template, this location will serve as a point of the one maximal value. And when the above templates are used, the actual focus should take the lead in the square formed at the maximum point, and this right, the lower right and three lower points. However, in actual measurement, a proofreading pattern does not restrict being arranged to a camera (picture input device 10) at the right angle, and a square core is not necessarily a right focus location in it.

[0029] Then, in this example, as shown in drawing 6 (A) – drawing 6 (C), the coordinate of the focus is searched for from the change condition of the surrounding image data

of the called-for focus. For example, binarization of the image data is carried out to 0 or 1 with a predetermined threshold, and it asks for a bordering straight-line type from the change condition of this binarization data. A vertical straight-line type can calculate the absolute value of the differential value which can be set horizontally, as shown in drawing 6 (B), it can search for the point that a value is big, one by one, and can search for it by the formula of the straight line which passes along these points. Moreover, a horizontal straight-line type can differentiate the value for every vertical pixel, as shown in drawing 6 (C), and it can ask for the formula of the straight line which passes along the point that the absolute value of a differential value is big. And a focus coordinate can be searched for by asking for the intersection of two obtained straight-line types. For example, according to the example of drawing 6, the coordinates of the focus for which it asked from the template are (5.5, 5.5), but the horizontal straight line for which it asked as mentioned above is $2X+10Y-65=0$, and a vertical straight line is $10X+2Y-69=0$. Then, the intersection of these two straight lines is set to $(35 / 6 = 5.833, 32/6=5.333)$, and can ask for a more exact focus location. [0030] Thus, with the coordinate of the focus called for only from the data only obtained by the template, the exact focus in consideration of the inclination of the proofreading pattern which is not called for etc. is detectable.

[0031] In order to determine not the location detected on image pick-up equipment (on a screen) but the location used as the criteria on count about the location, next the focus called for as mentioned above on the pattern of the focus, the location on the pattern (location on the array corresponding to a proofreading pattern) is determined. That is, a procedure as shown in drawing 7 determines the location on the pattern of the focus. In addition, the coordinate on (X, Y), and a pattern is expressed with (m, n) for the coordinate on a screen.

[0032] First, the obtained focus is sorted in the order near the core of a screen (S61). And the four directions of the central point are determined in the following logic about the sorted focus (S62).

[0033] That is, the four directions of the central point are determined according to a flow chart as shown in drawing 8. First, the first point P0 (X0 and Y0) which is a point nearest to the core of a screen is taken out, and this point is set as $= (m, n) (0\ 0) =$ core (S21). Next, the point P1 (X1 and Y1) near that degree is taken out at the core, and let this point be $= (m, n) (1\ -0) =$ left (S22). Next, the point P2 (X2 and Y2) near a core is taken out to that degree (S23), and it judges whether this point is the right (S24). The following operations of the coordinate of a main point and the coordinate of a left point perform the judgment of whether to be this right.

[0034] $X2 - = 2X0 - X1$ $Y2 - = 2Y0 - Y1$ [and] -- by such judgment, when P2 (X2 and Y2) is the right, let this point P2 (X2 and Y2) be the $P2 = (1\ 0)$ right (S25). And the point P3 (X3 and Y3) near a core next is made into a $P3 = (0\ -1)$ top (S26), and the following point P4 (X4 and Y4) is made into the bottom of $= (m, n) (0\ 1) =$ (S27).

[0035] On the other hand, in S24, when P2 (X2 and Y2) is not the right, the point P2 (X2 and Y2) is made into $=(m, n) (0 -1) = \text{top}$ (S28). And the point P3 (X3 and Y3) near a core next is taken out (S29), and it judges whether this point is the right (S30). The judgment of whether to be this right is that point P3 like an above-mentioned case. Left P2 And core P0 Whether it has an above-mentioned relation performs. And it sets to S30 and is P3. When judged with it being the right, a point P3 (X3 and Y3) is made into $=(m, n) (1 0) = \text{right}$ (S31), and the following point P4 (X4 and Y4) is made into the bottom of $=(m, n) (0 1) =$ (S32).

[0036] Moreover, when a point P3 (X3 and Y3) is not the right in S30, make a point P3 (X3 and Y3) into the bottom of $=(m, n) (0 1) =$ (S33), and let the following point P4 (X4 and Y4) be $=(m, n) (1 0) = \text{right}$ (S34).

[0037] Thus, let the point nearest to a core be the left first (S22). And when there is no point (the 2nd) near a core next in the opposite side (right-hand side) of the point made into the left, that point is made into a top (S28), and the point (the 3rd) near that degree judges whether it is the right, and if it is not the right, make this point into the bottom (S33), and let the point (the 4th) near that degree be the right (S34). On the other hand, if the point near the 3rd is the right, this will be made into the right (S31) and the point near the 4th will be made into the bottom (S32). Moreover, if the point near the 2nd is the right, this will be made into the right (S25), the point (the 3rd) near the degree will be made into a top (S26), and the 4th will be made into the bottom (S27). Such processing determines the location on the pattern of the point of the four directions of the surrounding focus of the central point.

[0038] Thus, when the location on the pattern of the point of the four directions of the central point is determined, the location on the pattern of each point is determined next (S63). This is performed in the following logic. In addition, it sets to the following explanation and is Subscript c. A core and r The right and l For the left and a top, the bottom is [u and] d. It is shown.

[0039] That is, a procedure as shown in drawing 9 and drawing 10 performs. Although this processing is performed about all the focus, one-point $P_c = (m, n)$ (m_c and n_c) nearest to a core is taken out of the point which must be processed first (S41). In the case of the first loop formation, it is this point P_c . It becomes core $(m, n) = (0 0)$. And this point P_c It considers as criteria and the point of Hidari of this point is determined as follows (S42). Namely, point P_c It judges whether it receives, and Hidari's point $P_l = (m, n)$ (m_c-1 and n_c) does not exist, and right-hand side point $P_r = (m, n)$ (m_c+1 and n_c) exists (S421). In corresponding to this condition, it looks for a point with the coordinate near $(2X_c-X_r$ and $2Y_c-Y_r)$ on that screen out of the extracted focus (S422). Namely, point P_c taken out first P_r which already exists The coordinate on the screen of a point to point P_c A left-hand side point is looked for. And when the point of this left-hand side is found, let (S423) and its point be $P_l = (m, n)$ (m_c-1 and n_c) = left (S424). Moreover, when the point which corresponds in S423

when there is nothing that corresponds in S421 is not found, it moves to the following activation of S43 as it is.

[0040] And according to the same procedure as these S42, a $Pr = (m, n) (mc+1, nc) =$ right and $Pu = (m, n) (mc, nc-1) =$ top and the bottom of $Pd = (m, n) (mc, nc+1) =$ are determined (S43, S44, S45). Next, upper left point $Pul(m, n) = (mc-1, nc-1)$ is determined (S46). For this reason, it judges whether $Pul(m, n) = (mc-1, nc-1)$ exists first (S461). And when this point Pul does not exist, it judges whether left-hand side point $Pl = (m, n) (mc-1, nc)$ or upper point $Pu = (m, n) (mc, nc-1)$ exists (S462). And these two points Pl And Pu When both exist and it is set to NO in S462, a point with the coordinate near $(Xl+Xu-2Xc$ and $Yl+Yu-2Yc)$ on a screen is looked for out of the focus (S463). That is, the point of the upper left is looked for from three known points.

[0041] And when the point in this coordinate is found, let (S464) and its point be the $Pul(m, n) = (mc-1, nc-1) =$ upper left (S465). Here, when the upper left point Pul already exists in S461, or when there is no point which corresponds in S464, it moves to the following activation of S47.

[0042] And the same procedure determines the $Pdl(m, n) = (mc-1, nc+1) =$ lower left, the $Pur(mc+1, nc-1) =$ upper right, and the $Pdr(m, n) = (mc+1, nc+1) =$ lower right (S47, S48, S49). And the point made into the processing object judges whether it is the last point (S50), and repeats such processing to the last point.

[0043] Thus, in relation with the point already determined one by one, the relative position is determined from the point near a core.

[0044] Thus, by above-mentioned logic, the location on a pattern can be determined about each point, and a 2-dimensional coordinate (m, n) is given about these.

[0045] When determining the location on a pattern as mentioned above, it does not become considering the point of the location used as a checkered intersection as the focus. And when the pattern location of the focus extracted by the above-mentioned procedure is determined, a location is not determined about the focus as which the location was determined, and the point which is not in specific relation. Although the extract was carried out as the focus, this is the point which must not exist and removes such the isolated point from the data of a specific pattern (S64).

[0046] Thus, about each focus, the location (X, Y) and pattern location (m, n) on a screen are determined, and this is memorized by the focus location storing memory 26.

[0047] As it is the decision **** of a correction function, when the location on the pattern (m, n) is altogether determined about the focus obtained from image data, it asks for a correction function from the location of these focus, and the configuration of a specific pattern. That is, a procedure as shown in drawing 11 determines a correction function. First, it asks for a mapping function from the pattern location (m, n) of the focus where the relative location called for as mentioned above was determined, and the concrete location on a screen (X, Y) (S51). Here, although it asks

for this mapping function, not all the focus uses, but it uses only the focus of 1/4 near a core for it. This is because it is thought that there is little nonlinear distortion etc. and it can ask for the mapping function near a subject-copy image about the point near a core.

[0048] Next, the location which serves as criteria about the focus asked for the location on all patterns is computed using the called-for mapping function (S52). Next, the criteria location called for by the mapping function is compared with the locations X and Y on an actual screen, and it asks for both gap, and asks for the correction function for amending this gap (S53). And the called-for correction function is outputted to the correction function storing memory 34, and it memorizes here (S54).

[0049] calculation of a mapping function -- here, calculation of a mapping function is explained. The actual photography in a camera can be ideally approximated to photography by the pinhole camera. That is, as shown in drawing 12, the beam of light from one point [of three-dimensions space] P is projected on an image pick-up side (flat surface) through a focus. And the image on an image pick-up side is memorized by the input image data storage memory 12 through photo electric conversion and an AD translation. And the location on this memory 12 (X, Y) turns into a location on a screen. And according to the pinhole-camera model, it is known that there are [relation of the following linear functions (mapping function) between X and Y] a location on a pattern (m, n) and a location on a screen.

[0050]

$$X=(cm+dn+e)/(am+bn+1)$$

$$Y=(fm+gn+h)/(am+bn+1)$$

Therefore, about the focus of a large number extracted as mentioned above, the location on this pattern (m, n) and the location on a screen (X, Y) are substituted, and each constant a-h is calculated with the least square method. The mapping function at the time of assuming the camera in this system to be a pinhole camera by this is determined. In addition, this least square method is shown, for example in the Iwanami Shoten issue "Iwanami lecture information-science 18 numerical calculation (the January 8, Showa 57 1st *****)" etc.

[0051] And the focus used in order to ask for this mapping function makes only a near thing (the focus of the whole quadrant) from a core. The part with this near a core is because it is considered to be the right to approximate with a pinhole camera. Then, it asks by correlation with each high multiplier from the focus such near the core, and a mapping function with a high precision is called for.

[0052] Since the degree which moves a relative position to a criteria location was asked for the mapping function as mentioned above, the location which used this mapping function about all the extracted focus is computed. That is, when a picture input device 10 is a pinhole camera, the location on the count in which each focus as which the location on a pattern (m, n) was determined should be located is determined

by the above-mentioned mapping function. Then, a criteria-location (x y) is computed using a mapping function about all the focus as which the location on the extracted pattern (m, n) was determined.

[0053] Calculation of a correction function, next the criteria location (x y) called for by doing in this way and the location on an actual screen (X, Y) are compared, both gap is detected, and it asks for the correction function for canceling this gap. This correction function is performed by determining each multiplier with the least square method using the following polynomials.

[0054]

$$x=a_1 X^4+b_1 X^3 Y+c_1 X^2 Y^2+d_1 XY^3+e_1 Y^4+f_1 X^3+g_1 X^2 Y+h_1 XY^2+i_1 Y^3+j_1 X^2+k_1 XY+l_1 Y^2+m_1 X+n_1 Y+o_1$$
$$y=a_2 X^4+b_2 X^3 Y+c_2 X^2 Y^2+d_2 XY^3+e_2 Y^4+f_2 X^3+g_2 X^2 Y+h_2 XY^2+i_2 Y^3+j_2 X^2+k_2 XY+l_2 Y^2+m_2 X+n_2 Y+o_2$$
 Thus In this example, a criteria location (x y) is computed about all the focus on a screen using the mapping function which asked for the camera from the focus near the center of a screen the bottom wholly as a pinhole camera, and was called for in the mapping function of a case. And a correction function is computed by the comparison with the computed criteria location (x y) and the location on an actual screen (X, Y). Therefore, it can ask for a very exact correction function compared with the case where it is going to amend distortion of an image as it is.

[0055] Moreover, each focus will be outputted to a location when a picture input device 10 operates as a pinhole camera by memorizing this correction function in the correction function storing memory 34, amending the image data supplied from the input image data storage memory 12 using a correction function, and displaying on the image output unit 20. Therefore, when displaying various images, an image without distortion picturized with the pinhole camera can be outputted to the image output unit 20.

[0056] Furthermore, that a picture input device 10 can be operated as a pinhole camera can grasp correctly the location of the photoed object actual from the location of each image when image data is processed by the image-processing section 22, and when a stereo image etc. is used, it can perform the processing measuring-point measurement correctly.

[0057]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, the focus is extracted from the proofreading pattern drawn on monotonous, and a mapping function is created from the location on the screen of the focus near a photograph center. And the ideal location of the focus is computed about the focus of the whole screen using this mapping function, and a correction function is computed from the comparison with this criteria location and the location of the focus of the whole screen. Therefore, it becomes measurable, without measuring installation or a location for a plate correctly, and pinpointing the location of the pattern, and a correction

function will become very exact, and image data can be amended using this.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the whole example configuration.

[Drawing 2] It is a flow chart explaining whole actuation.

[Drawing 3] It is a flow chart explaining focus extract actuation.

[Drawing 4] It is the explanatory view of a checkered proofreading pattern.

[Drawing 5] It is the explanatory view showing the configuration of a template.

[Drawing 6] It is drawing explaining actuation of Rhine fitting.

[Drawing 7] It is the flow chart of the actuation for determining the relative value of the focus.

[Drawing 8] It is the flow chart which shows the procedure of determining the four directions of the focus.

[Drawing 9] It is the flow chart which shows the procedure of determining the relative position of the focus.

[Drawing 10] It is the flow chart which shows the procedure of determining the relative position of the focus.

[Drawing 11] It is a flow chart explaining actuation of correction function decision.

[Drawing 12] It is an explanatory view explaining the principle of a pinhole camera.

[Description of Notations]

10 Picture Input Device

12 Input Image Data Storage Memory

16 Image Data Correction Equipment

18 Output Image Data Storage Memory

20 Image Output Unit

22 Image-Processing Section

24 Focus Detection Equipment

26 Focus Location Storing Memory

28 Mapping Function Listing Device

30 Gap Detection Equipment

32 Correction Function Listing Device

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-274426

(43)公開日 平成5年(1993)10月22日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 6 F 15/66
15/68

識別記号

3 6 0
4 0 0 A

庁内整理番号

8420-5L
8420-5L

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数3(全 14 頁)

(21)出願番号 特願平4-68295

(22)出願日 平成4年(1992)3月26日

(71)出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目18番地

(72)発明者 廣野 英雄

大阪府守口市京阪本通2丁目18番地 三洋
電機株式会社内

(72)発明者 高橋 裕信

大阪府守口市京阪本通2丁目18番地 三洋
電機株式会社内

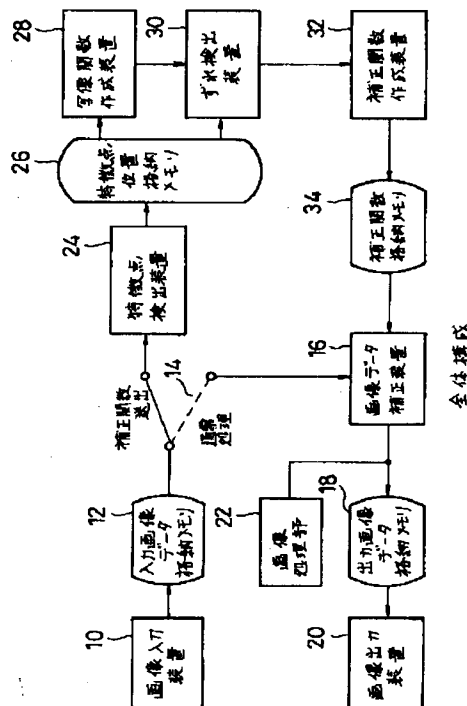
(74)代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

(54)【発明の名称】 画像処理装置及びこの画像処理装置における歪み補正方法

(57)【要約】

【目的】 画像データから歪みを補正するための補正関数を得る。

【構成】 市松模様の特性パターンを画像入力装置10により撮像し、撮像データから特徴点(交点)を検出する。そして、この中心付近の特徴点の配列と画面上の位置からテレビカメラをピンホールカメラとした場合に得られる写像関数を作成する。そして、この写像関数から画面全体についての特徴点の基準位置を算出し、この基準位置と実際の画面上の位置とを比較することにより、補正関数を算出し、これを補正関数作成装置32に記憶する。そして、通常の場合は入力画像を補正関数によって補正し、画像出力装置20に出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 撮像装置によって得た撮像データ中の画像の歪みを補正する画像処理装置における歪み補正方法であって、

特徴点の配置が既知である較正用パターンの撮像データから特徴点を抽出する特徴点抽出工程と、

この特徴点抽出手段によって得られた撮像データ中における中央付近の所定数の特徴点の位置と、較正用パターンについてのデータとに基づいて、撮像装置をピンホールカメラと仮定して、両者の関係を示す写像関数を算出する写像関数算出工程と、

この写像関数算出手段によって得た写像関数を用い、撮像データのほぼ全域の特徴点の撮像データ中における基準位置を算出する基準位置算出工程と、

この基準位置算出手段によって得られた特徴点の位置と、画像データ中の特徴点の位置とに基づいて、特徴点の位置を補正するための補正関数を算出する補正関数算出工程と、

を有し、
この補正関数を撮像データの歪み補正に用いることを特徴とする歪み補正方法。

【請求項2】 撮像装置によって得た撮像データ中の画像の歪みを補正する画像処理装置における歪み補正関数算出方法であって、

市松模様のパターンを有し、パターン中における交点の配置が既知である較正用パターンについての撮像データから交点位置を特徴点として抽出する特徴点抽出工程と、

この特徴点抽出手段によって得られた特徴点の位置と、較正用パターンについてのデータとに基づいて、特徴点の位置を補正するための補正関数を算出する補正関数算出工程と、

を含み、補正関数算出工程によって得られた補正関数を用いて、撮像データの歪みを補正する歪み補正方法であって、

上記特徴点算出工程は、
処理対象位置を含む周辺の撮像データについての演算手段を定めるテンプレートを利用して各処理対象位置ごとの評価値を算出し、

この評価値から算出した周辺の撮像データの変化状態からパターンの境界線を算出し、

この境界線の交点から特徴点の位置を算出することを特徴とする歪み補正方法。

【請求項3】 撮像装置によって得た撮像データから画像の歪みを補正する画像歪み補正装置であって、
撮像データを補正するための補正関数を記憶する補正関数記憶部と、

この補正関数記憶部から読み出した補正関数を用いて撮像データを補正する補正手段と、

を含み、

上記補正関数記憶部は、

特徴点の配置が既知である較正用パターンの撮像データから特徴点を抽出し、得られた特徴点のうち撮像データ中の中央付近のものの位置と、較正用パターンについてのデータとに基づいて、撮像装置をピンホールカメラと仮定した写像関数を算出し、得られた写像関数を用い、撮像データのほぼ全域の特徴点の撮像データ中の基準位置を算出し、得られた特徴点の基準位置と、画像データ中の特徴点の位置とに基づいて得た補正関数を記憶することを特徴とする画像歪み補正装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、撮像装置により得た撮像データを処理して歪みのない画像を得る画像処理に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、CCDカメラなどの撮像装置によって対象物体、周囲の状況を撮影することが行われており、得られた撮像データを処理して、物体の位置を検出することが行われている。特に、一般的な環境内で、自ら状況を判断しながら自立的に行動する知能ロボットにおいては、3次元の視覚が重要であり、撮像装置によって得た撮像データから物体の3次元位置を正確に認識することが望まれている。

【0003】特に、CCDカメラの利用により、それまでの撮像管を利用した場合に比較し、画像の歪みが大幅に減少され、歪みのない正確な画像が得られるようになってきている。そこで、得られた撮像データの処理によって、かなり正確な物体の位置認識ができるようになってきている。すなわち、CCDカメラなどを用いたデジタル画像を透視変換としてモデル化することにより、物体の位置を認識することができる。

【0004】しかし、CCDカメラで得たデジタル画像も、実際には様々な要因による歪みが在り、透視変換とみなしたモデルは、正確ではない。そこで、従来より、撮像データから3次元位置を検出する際に、撮像データについて各種の補正を行い、検出の精度を改善することが提案されている。

【0005】例えば、学術刊行物「情報処理学会研究報告 Vol. 92, No. 7 p. 115~118 1992年1月：小野寺 他」には、カメラの光軸に対して直交するように設置された平板上に描かれた格子パターンを撮像装置によって撮影し、撮像データを補正することが示されている。すなわち、この例では、レンズの収差に起因する歪みを補正することを目的としており、この歪みの特性を考慮して適当な補正関数を定義する。そして、画素毎の撮像データとあらかじめ3次元空間での位置関係がわかっている格子パターンの比較および格子パターンの境界が直線であることに基づいて補正関数に係数を求める。そして、この補正関数を利用して、

撮像データを補正している。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】このように3次元空間中での位置と画像中に撮像された位置の関係をを用いて画像の歪みを補正することができ、物体の位置の認識などをより正確にすることができる。しかし、上述の例を含め従来の手法では対象とする格子パターン等を撮像装置に対して既知の位置に設置する必要がある、実際には撮像装置の光軸の変動などにより、正確に設置することが困難である。そのためこの手法では正確に補正できないという問題点があった。

【0007】本発明は、上記課題に鑑み正確な画像歪みの補正を行うことができる方法、装置を得ることを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、撮像装置によって得た撮像データ中の画像の歪みを補正する画像処理装置における歪み補正方法であって、特徴点の配置が既知である校正用パターンを描いた平板の撮像データから特徴点を抽出する特徴点抽出工程と、この特徴点抽出手段によって得られた撮像データ中における中央付近の所定数の特徴点の位置と、校正用パターンについてのデータとに基づいて、撮像装置をピンホールカメラと仮定して、両者の関係を示す写像関数を算出する写像関数算出工程と、この写像関数算出手段によって得た写像関数を用い、撮像データのほぼ全域の特徴点の撮像データ中における基準位置を算出する基準位置算出工程と、この基準位置算出手段によって得られた特徴点の位置と、画像データ中の特徴点の位置とに基づいて、特徴点の位置を補正するための補正関数を算出する補正関数算出工程と、を有し、この補正関数を撮像データの歪み補正に用いることを特徴とする。

【0009】また、撮像装置によって得た撮像データ中の画像の歪みを補正する画像処理装置における歪み補正関数算出方法であって、市松模様のパターンを有し、パターン中における交点の配置が既知である校正用パターンについての撮像データから交点位置を特徴点として抽出する特徴点抽出工程と、この特徴点抽出手段によって得られた特徴点の位置と、校正用パターンについてのデータとに基づいて、特徴点の位置を補正するための補正関数を算出する補正関数算出工程と、を含み、補正関数算出工程によって得られた補正関数を用いて、撮像データの歪みを補正する歪み補正方法であって、上記特徴点算出工程は、処理対象位置を含む周辺の撮像データについての演算手段を定めるテンプレートを利用して各処理対象位置ごとの評価値を算出し、この評価値から算出した周辺の撮像データの変化状態からパターンの境界線を算出し、この境界線の交点から特徴点を算出することを特徴とする。

【0010】また、撮像装置によって得た撮像データか

ら画像の歪みを補正する画像歪み補正装置であって、撮像データを補正するための補正関数を記憶する補正関数記憶部と、この補正関数記憶部から読み出した補正関数を用いて撮像データを補正する補正手段と、を含み、上記補正関数記憶部は、特徴点の配置が既知である校正用パターンの撮像データから特徴点を抽出し、得られた特徴点の中の撮像データ中の中央付近のものの位置と、校正用パターンについてのデータとに基づいて、撮像装置をピンホールカメラと仮定した写像関数を算出し、得られた写像関数を用い、撮像データのほぼ全域の特徴点の撮像データ中の基準位置を算出し、得られた特徴点の基準位置と、画像データ中の特徴点の位置とに基づいて得た補正関数を記憶することを特徴とする。

【0011】

【作用】このように、本発明によれば、特徴点の配列が定まっている校正パターンを描いた平板の撮像データから抽出した画面上の特徴点配置と、実際の画面における位置の比較により、カメラをピンホールカメラと仮定した場合に写像関数を得る。この手法では写像関数を求めているので、校正パターンを描いた平板を任意の位置においても適用可能であり、カメラと平板の位置関係を他の手段によって求める必要がない。

【0012】本手法では、画面の全体もしくは一部分のデータのみを用いて写像関数を求め、それに適合するように補正できる。しかし画像の補正前と補正後の画像がよく一致する写像関数を用いれば、位置の補正量が少なく、画面からはみ出しや、縮みによる辺縁部での欠損が減少し、望ましい効果が得られる。そこで本手法では、画面の中央付近のデータは歪みが小さい場合が多く、ピンホールカメラから得られた画像とよく一致する性質を利用して、中央付近のデータを用いて写像関数を得る。

【0013】次に、この写像関数を利用して、画面全体の特徴点の基準的位置を算出する。そして、この基準位置と、実際の画面上の位置の比較から、補正関数を算出する。このため、単に画面上の位置から画像の歪みを補正する場合に比べ、適切な補正関数を算出することができる。そして、この補正関数を利用して、好適な画像データの補正を行うことができる。

【0014】さらに、本発明によれば、特徴点の検出の際に、画素毎の処理だけでなく、画素データの変化状態からパターンの境界線を検出し、この境界線の状態に応じて、特徴点を検出する。このため、単なる画素毎の処理に比べ、正確な特徴点の位置検出を行うことができる。

【0015】また、このようにして、得た補正関数を利用して、撮像データの補正を行うため、歪みのない画像を得ることができ、画像処理によれば、好適な位置検出などを行うことができ、ロボット等における環境状態の計測の精度を向上することができる。

【0016】

【実施例】以下、本発明の実施例について、図面に基づいて説明する。

【0017】図1は、本発明に係る位置検出装置の全体構成を示すブロック図である。画像入力装置10は、例えばCCDカメラなどで構成され、画素毎の輝度信号として得られるアナログ映像信号をA/Dコンバータによりデジタル信号に変換して出力する。画像入力装置10からのデータは入力画像データ格納メモリ12に供給され、通常の場合1フレーム（1画面）分ここに記憶される。

【0018】そして、ここから読み出された画像データは、スイッチ14を介し画像データ補正装置16に供給される。この画像データ補正装置16は予め補正関数を記憶しており、入力画像データ格納メモリ12から供給される画素毎の画像データを補正関数を用いて補正し、これを出力画像データ格納メモリ18に供給する。この出力画像データ格納メモリ18は、1フレーム分の画像データを記憶するものであり、ここに記憶されているデータを順次読み出し、画像出力装置20に供給する。この画像出力装置20は、例えばCRTで構成され、出力画像データ格納メモリ18に記憶されている画像データに応じた表示を行う。通常の場合、出力画像データ格納メモリ18に記憶されているデータを垂直同期信号及び水平同期信号に同期して読み出しD/Aコンバータを介し、所定のビデオ信号に変換し、CRTに出力する。これによって、画像出力装置20において、画像の歪みが補正された表示が行われる。

【0019】また、画像データ補正装置16には、画像処理部22も接続されている。この画像処理部22は、画像データ補正装置16によって補正された画像データに基づき各種の画像処理（例えばパターン認識）などを行い、画像データ中の対象物の形状認識や、その対象物までの位置測定などを行う。ここで、この位置測定は、画像入力装置10を2つ用意し、2つの画像入力装置10からの入力画像データの処理から三角法などによって検出すると良い。

【0020】一方、スイッチ14には、特徴点検出装置24が接続されている。そこで、スイッチ14を切換えることにより、入力画像データ格納メモリ12に格納されている画像データは、特徴点検出装置24にも供給することができる。すなわち、スイッチ14は、通常の画像処理、画像の出力を行う場合には入力画像データを画像データ補正装置16に供給し、画像データ補正装置16における補正関数を算出する際（例えば初期設定時）には入力画像データを特徴点検出装置24に供給するように切換えられる。

【0021】特徴点検出装置24は、供給される入力画像データを処理し、例えば市松模様の交点などの特徴点の位置を検出する。そして、この検出結果を特徴点位置

格納メモリ26に供給する。通常の場合、1フレーム分の入力画像データを処理し、この中から抽出した特徴点の位置についてのデータが特徴点位置格納メモリ26に格納される。

【0022】次に、特徴点位置格納メモリ26に入力画像から求めた特徴点の位置についてのデータが、写像関数作成装置28に供給される。この写像関数作成装置28は、画像入力装置10がピンホールカメラとして動作するものと仮定し、入力されるデータから、画像入力装置10の写像関数を算出する。そして、写像関数作成装置28によって検出された写像関数はずれ検出装置30に供給される。このずれ検出装置30には、特徴点位置格納メモリ26から特徴点位置についてのデータも供給されており、写像関数を用いて得られた特徴点の基準位置と検出した特徴点の位置の比較により、両者のずれを検出する。このずれ検出装置30には、補正関数作成装置32が接続されており、この補正関数作成装置32は、供給されるずれから、写像関数によって得られたデータに対する補正用の補正関数を算出し、この補正関数を補正関数格納メモリ34に供給する。

【0023】そこで、画像データ補正装置16が、補正関数格納メモリ34に記憶されている補正関数を読み出し、これによって入力画像データを補正して出力画像データ格納メモリ18及び画像処理部22に正しい位置に補正された画像データを供給することができる。

【0024】図2は、本実施例の補正関数算出の全体動作を示すフローチャートである。このように、本装置においては、特徴点検出装置24において、入力画像データを処理することにより特徴点を抽出する（S1）。次に、得られた特徴点のパターン上の位置を決定する（S2）。そして、パターン上の位置が決定された特徴点についてのデータ及び、撮影した構成用パターンについてのデータに基づき、写像関数の作成、写像関数によって処理して得たデータにおけるずれの検出、これらの検出値に基づくずれ解消のための補正関数の作成を行い、補正関数を決定する（S3）。

【0025】特徴点の抽出

図3に、特徴点抽出の動作を説明するためのフローチャートを示す。まず、本実施例においては、補正関数算出のために、特定の較正パターンを用意し、この較正パターンについての画像データ処理により、補正関数を算出する。そこで、この特徴点の検出は、較正パターンにおける特徴点の検出により行う。

【0026】本実施例においては、特定パターンとして図4に示すような市松模様のパターンを利用し、この市松模様のパターンの交点を特徴点とする。そこで、まず、画像データにテンプレートをあて、その値のマップを作る（S11）。ここで、テンプレートとは、図5に示すようなものであり、丸印で示す処理対象点を含む36の周辺画素についてのデータを処理しその点の値を求

めるものである。この例においては、左上9つのデータ及び右下9つのデータについてはその画素についての値を加算し、右上9つのデータ及び左下9つのデータについてはその画素についてのデータを減算する。このような処理を行うことにより、市松模様の較正パターンの特徴点（交点）において、テンプレートによって処理したデータの値が最大値または最小値となる。そこで、このテンプレートを用い、1フレーム分のデータ全てについて、各点毎の値を求める。なお、ここにおいて各点についての値はその絶対値を取る。そこで、各交点が極大値を取るようになる。

【0027】次に、このようにして得られたマップから順に近傍の極大値を取り出し（S12）、その点に対してラインフィッティングによる位置の算出を行う（S13）。そして、このラインフィッティングによって算出した特徴点位置を出力する（S14）。そして、S12～S13を最後の極大点まで繰り返す（S15）。

【0028】次に、S13におけるラインフィッティングについて説明する。テンプレートを用いた処理により特徴点を算出すると、この位置は、1つの極大値の点となる。そして、上述のようなテンプレートを用いた場合には、実際の特徴点は、極大点と、この右、右下、下の3つの点で形成される正方形の中心になるはずである。しかし、実際の計測においては、較正パターンはカメラ（画像入力装置10）に対し直角に配置されているとは限らず、正方形の中心が正しい特徴点位置とは限らない。

【0029】そこで、本実施例においては、図6（A）～図6（C）に示すように、求められた特徴点の周辺の画像データの変化状態から特徴点の座標を求める。例えば、画像データを所定の閾値により0または1に二値化し、この二値化データの変化状態より境界の直線式を求める。垂直方向の直線式は、図6（B）に示すように水平方向における微分値の絶対値を演算し、値の大きな点を順次求め、これらの点を通る直線の式により求めることができる。また、水平方向の直線式は、図6（C）に示すように垂直方向の画素毎の値を微分し、微分値の絶対値の大きな点を通る直線の式を求めることができる。そして、得られた2つの直線式の交点を求めることによって、特徴点座標を求めることができる。例えば、図6の例によれば、テンプレートから求めた特徴点の座標は（5.5, 5.5）であるが、上述のようにして求めた水平方向の直線は $2X + 10Y - 65 = 0$ であり、垂直方向の直線は $10X + 2Y - 69 = 0$ である。そこで、この2つの直線の交点は、 $(35/6 = 5.833, 32/6 = 5.333)$ となり、より正確な特徴点位置を求めることができる。

【0030】このようにして、単にテンプレートによって得られたデータのみから求められた特徴点の座標では求められない較正パターンの傾きなどを考慮した正確な

特徴点の検出を行うことができる。

【0031】特徴点のパターン上の位置

次に、上述のようにして求められた特徴点について、撮像装置上（画面上）の検出した位置ではなく、計算上の基準となる位置を決定するために、そのパターン上の位置（較正パターンに対応する配列上の位置）を決定する。すなわち、図7に示すような手順で、特徴点のパターン上の位置を決定する。なお、画面上の座標を（X, Y）、パターン上の座標を（m, n）で表わす。

【0032】まず、得られた特徴点を画面の中心に近い順にソートする（S61）。そして、ソートされた特徴点について、次のような論理で中心点の上下左右を決定する（S62）。

【0033】すなわち、図8に示すようなフローチャートに従い、中心点の上下左右を決定する。まず、画面の中心に最も近い点である最初の点P0（X0, Y0）を取り出し、この点を（m, n）=（0, 0）=中心とする（S21）。次に、中心にその次に近い点P1（X1, Y1）を取り出し、この点を（m, n）=（-1, 0）=左とする（S22）。次に、その次に中心に近い点P2（X2, Y2）を取り出し（S23）、この点が右であるか否かを判定する（S24）。この右であるかの判定は、中心の点の座標と、左の点の座標の次のような演算により行う。

$$\begin{aligned} X2 \sim &= 2X0 - X1 \quad \text{かつ、} \\ Y2 \sim &= 2Y0 - Y1 \end{aligned}$$

このような判定により、P2（X2, Y2）が右であった場合には、この点P2（X2, Y2）をP2（1, 0）=右とする（S25）。そして、次に中心に近い点P3（X3, Y3）をP3（0, -1）=上とし（S26）、その次の点P4（X4, Y4）を（m, n）=（0, 1）=下とする（S27）。

【0035】一方、S24において、P2（X2, Y2）が右でなかった場合には、その点P2（X2, Y2）を（m, n）=（0, -1）=上とする（S28）。そして、次に中心に近い点P3（X3, Y3）を取り出し（S29）、この点が右であるか否かを判定する（S30）。この右であるか否かの判定は、上述の場合と同様にその点P3が左P2及び中心P0と上述の関係にあるか否かによって行う。そして、S30においてP3が右であると判定された場合には、点P3（X3, Y3）を（m, n）=（1, 0）=右とし（S31）、その次の点P4（X4, Y4）を（m, n）=（0, 1）=下とする（S32）。

【0036】また、S30において点P3（X3, Y3）が右でなかった場合には、点P3（X3, Y3）を（m, n）=（0, 1）=下とし（S33）、その次の点P4（X4, Y4）を（m, n）=（1, 0）=右とする（S34）。

【0037】このように、最初に中心に一番近い点を左

とする(S22)。そして、次に中心に近い点(2番目)が、左とした点の反対側(右側)にない場合には、その点を上とし(S28)、その次に近い点(3番目)が右か否かを判定し、右でなければ、この点を下とし(S33)、その次に近い点(4番目)を右とする(S34)。一方、3番目に近い点が右であれば、これを右とし(S31)、4番目に近い点を下とする(S32)。また、2番目に近い点が右であれば、これを右とし(S25)、その次に近い点(3番目)を上とし(S26)、4番目を下とする(S27)。このような処理によって、中心点の周辺の特徴点の上下左右の点のパターン上の位置を決定する。

【0038】このようにして中心点の上下左右の点のパターン上の位置が決定された時には、次に各点のパターン上の位置を決定する(S63)。これは、次のような論理にて行う。なお、以下の説明において、添字cは中心、rは右、lは左、上はu、下はdを示す。

【0039】すなわち、図9及び図10に示すような手順により行う。この処理は全ての特徴点について行うが、まず最初に処理しなければならない点の中から最も中心に近い点 $P_c(m, n) = (m_c, n_c)$ を取り出す(S41)。最初のループの場合には、この点 P_c は中心 $(m, n) = (0, 0)$ となる。そして、この点 P_c を基準として、この点の左の点を次のようにして決定する(S42)。すなわち、点 P_c に対し左の点 P_l

$(m, n) = (m_c - 1, n_c)$ が存在せず、かつ右側の点 $P_r(m, n) = (m_c + 1, n_c)$ が存在するか否かを判定する(S421)。この条件に該当する場合には、抽出された特徴点の中からその画面上の座標が

$(2X_c - X_r, 2Y_c - Y_r)$ に近い点を探す(S422)。すなわち、最初に取り出した点 P_c と既に存在する P_r の点の画面上の座標から点 P_c の左側の点を探す。そして、この左側の点が見つかった場合には(S423)、その点を $P_l(m, n) = (m_c - 1, n_c) =$ 左とする(S424)。また、S421において該当するものがない場合、S423において該当する点が見つからなかった場合には、そのまま次のS43の実行に移る。

【0040】そして、このS42と同様の手順に従い、 $P_r(m, n) = (m_c + 1, n_c) =$ 右、 $P_u(m, n) = (m_c, n_c - 1) =$ 上、 $P_d(m, n) = (m_c, n_c + 1) =$ 下を決定する(S43, S44, S45)。次に、左上の点 $P_{ul}(m, n) = (m_c - 1, n_c - 1)$ を決定する(S46)。このために、まず $P_{ul}(m, n) = (m_c - 1, n_c - 1)$ が存在するか否かを判定する(S461)。そして、この点 P_{ul} が存在しない場合には、左側の点 $P_l(m, n) = (m_c - 1, n_c)$ または上側の点 $P_u(m, n) = (m_c, n_c - 1)$ が存在するか否かを判定する(S462)。そして、この2つの点 P_l 及び P_u の両方が存在し、S46

2においてNOとなった場合には、特徴点の中から画面上の座標が $(X_l + X_u - 2X_c, Y_l + Y_u - 2Y_c)$ に近い点を探す(S463)。すなわち、既知の3点からその左上の点を探す。

【0041】そして、この座標にある点が見つかった場合には(S464)、その点を $P_{ul}(m, n) = (m_c - 1, n_c - 1) =$ 左上とする(S465)。ここで、S461において既に左上の点 P_{ul} が存在した場合、またはS464において該当する点がなかった場合においては、次のS47の実行に移る。

【0042】そして、同様の手順によって $P_{dl}(m, n) = (m_c - 1, n_c + 1) =$ 左下、 $P_{ur}(m_c + 1, n_c - 1) =$ 右上、 $P_{dr}(m, n) = (m_c + 1, n_c + 1) =$ 右下を決定する(S47, S48, S49)。そして、処理対象とした点が最後の点か否かを判定し(S50)、このような処理を最後の点まで繰り返す。

【0043】このようにして、中心に近い点から順次既に決定された点との関係において、相対位置を決定していく。

【0044】このようにして、上述の論理により、各点についてパターン上の位置を決定することができ、これらについて二次元座標 (m, n) が与えられる。

【0045】上述のようにしてパターン上の位置を決定する場合に、市松模様の交点とならない位置の点を特徴点としてはならない。そして、上述の手順によって抽出された特徴点のパターン位置を決定した場合には、位置が決定された特徴点と特定の関係にない点については、位置が決定されない。これは、特徴点として抽出はされたが、特定パターンのデータからはあってはならない点であり、このような孤立点を除去する(S64)。

【0046】このようにして、各特徴点について、画面上の位置 (X, Y) およびパターン位置 (m, n) が決定され、これが特徴点位置格納メモリ26に記憶される。

【0047】補正関数の決定

上述のようにして、画像データから得られた特徴点について全てそのパターン上の位置 (m, n) を決定した場合には、これらの特徴点の位置及び特定パターンの形状から補正関数を求める。すなわち、図11に示すような手順で、補正関数を決定する。まず、上述のようにして求められた相対的な位置が決定された特徴点のパターン位置 (m, n) と画面上における具体的な位置 (X, Y) とから写像関数を求める(S51)。ここで、この写像関数を求めるのに、特徴点全部は利用せず、中心に近い1/4の特徴点のみを用いる。これは、中心に近い点については、非線形の歪み等が少なく、原画像に近い写像関数を求めることができると考えられるからである。

【0048】次に、求められた写像関数を用い、全ての

パターン上の位置が求められた特徴点について基準となる位置を算出する(S52)。次に、写像関数により求められた基準位置と実際の画面上の位置X、Yを比較し両者のずれを求め、このずれを補正するための補正関数を求める(S53)。そして、その求められた補正関数を補正関数格納メモリ34に出力しここに記憶する(S54)。

【0049】写像関数の算出

ここで、写像関数の算出について説明する。カメラにおける実際の撮影は、理想的にはピンホールカメラによる撮影に近似できる。すなわち、図12に示すように、三次元空間の一点Pからの光線は、焦点を通して撮像面(平面)に投影される。そして、撮像面上の像は、光電変換及びAD変換を経て入力画像データ格納メモリ12に記憶される。そして、このメモリ12上における位置(X、Y)は画面上の位置となる。そして、ピンホールカメラモデルによれば、パターン上の位置(m、n)と画面上の位置がX、Yとの間には、次のような一次関数(写像関数)の関係があることが知られている。

【0050】

$$X = (cm + dn + e) / (am + bn + 1)$$

$$Y = (fm + gn + h) / (am + bn + 1)$$

従って、上述のようにして抽出された多数の特徴点について、このパターン上の位置(m、n)及び画面上の位置(X、Y)を代入し、各定数a～hを最小二乗法により求める。これによって、この系におけるカメラをピンホールカメラと仮定した場合の写像関数が決定される。

$$\begin{aligned} x &= a_1 X^4 + b_1 X^3 Y + c_1 X^2 Y^2 + d_1 X Y^3 + e_1 Y^4 + f_1 X^3 \\ &+ g_1 X^2 Y + h_1 X Y^2 + i_1 Y^3 + j_1 X^2 + k_1 X Y + l_1 Y^2 + m_1 X \\ &+ n_1 Y + o_1 \\ y &= a_2 X^4 + b_2 X^3 Y + c_2 X^2 Y^2 + d_2 X Y^3 + e_2 Y^4 + f_2 X^3 \\ &+ g_2 X^2 Y + h_2 X Y^2 + i_2 Y^3 + j_2 X^2 + k_2 X Y + l_2 Y^2 + m_2 X \\ &+ n_2 Y + o_2 \end{aligned}$$

このようにして、本実施例においては、カメラをピンホールカメラとしてみなした場合の写像関数を画面の中央付近の特徴点から求め、求められた写像関数を用い画面上の全ての特徴点について基準位置(x、y)を算出する。そして、算出された基準位置(x、y)と、実際の画面上の位置(X、Y)との比較により、補正関数を算出する。従って、画像の歪みをそのまま補正しようとする場合に比べ、非常に正確な補正関数を求めることができる。

【0055】また、この補正関数を補正関数格納メモリ34に記憶しておき、入力画像データ格納メモリ12から供給される画像データを補正関数を用いて補正し画像出力装置20に表示することによって、画像入力装置10がピンホールカメラとして動作した場合の位置に各特徴点が出力されることとなる。従って、各種画像を表示する場合に、ピンホールカメラによって撮像した歪みのない画像を画像出力装置20に出力できる。

なお、この最小二乗法については、例えば岩波書店発行「岩波講座 情報科学 18 数値計算(昭和57年1月8日第1刷発行)」などに示されている。

【0051】そして、この写像関数を求めるために用いる特徴点は、中心から近いもののみ(全体の4分の1の特徴点)とする。これは、中心に近い部分は、ピンホールカメラと近似することが正しいと思われるからである。そこで、このような中心近くの特徴点から各係数が高い相関で求められ、精度の高い写像関数が求められる。

【0052】相対位置を基準位置に移動する

次に、上述のようにして写像関数が求められたため、抽出された特徴点全てについてこの写像関数を用いた位置を算出する。すなわち、画像入力装置10がピンホールカメラであった場合には、パターン上の位置(m、n)が決定された各特徴点が位置すべき計算上の位置は上述の写像関数によって決定される。そこで、抽出されたパターン上の位置(m、n)が決定されたすべての特徴点について、基準的位置(x、y)を写像関数を用いて算出する。

【0053】補正関数の算出

次に、このようにして求められた基準位置(x、y)と実際の画面上の位置(X、Y)を比較し、両者のずれを検出し、このずれを解消するための補正関数を求める。この補正関数は、次のような多項式を用い、各係数を最小二乗法によって決定することによって行う。

【0054】

【0056】さらに、画像入力装置10をピンホールカメラとして動作させることができるということは、画像処理部22によって画像データを処理した場合に、各画像の位置から実際の撮影された対象物の位置を正確に把握できることとなり、ステレオ画像などを用いた場合にその処理測定位置測定が正確に行えることとなる。

【0057】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、平板上に描いた較正パターンから特徴点を抽出し、画面中心付近の特徴点の画面上の位置より写像関数を作成する。そして、この写像関数を用いて特徴点の理想的位置を画面全体の特徴点について算出し、この基準位置と画面全体の特徴点の位置との比較から補正関数を算出する。従って、平板を正確に設置もしくは位置を正確に計測してそのパターンの位置を特定することなく計測が可能となり、また、補正関数は非常に正確なものとなり、これを用いて画像データの補正を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例の全体構成を示すブロック図である。

【図2】全体動作を説明するフローチャートである。

【図3】特徴点抽出動作を説明するフローチャートである。

【図4】市松模様の校正パターンの説明図である。

【図5】テンプレートの構成を示す説明図である。

【図6】ラインフィッティングの動作を説明する図である。

【図7】特徴点の相対値を決定するための動作のフローチャートである。

【図8】特徴点の上下左右を決定する手順を示すフローチャートである。

【図9】特徴点の相対位置を決定する手順を示すフローチャートである。

【図10】特徴点の相対位置を決定する手順を示すフローチャートである。

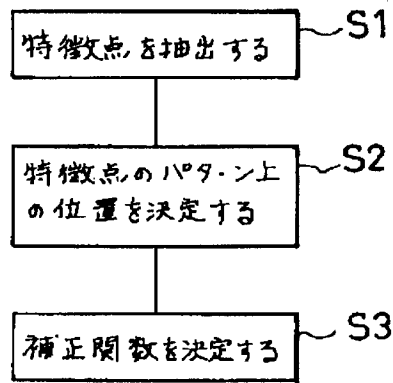
【図11】補正関数決定の動作を説明するフローチャートである。

【図12】ピンホールカメラの原理を説明する説明図である。

【符号の説明】

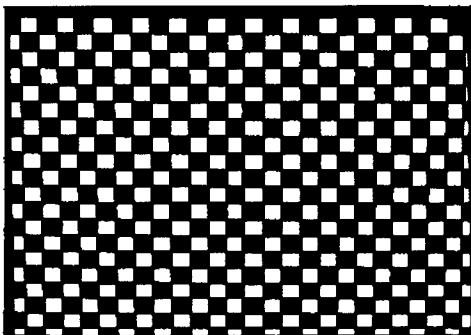
- 10 画像入力装置
- 12 入力画像データ格納メモリ
- 16 画像データ補正装置
- 18 出力画像データ格納メモリ
- 20 画像出力装置
- 22 画像処理部
- 24 特徴点検出装置
- 26 特徴点位置格納メモリ
- 28 写像関数作成装置
- 30 ずれ検出装置
- 32 補正関数作成装置

【図2】



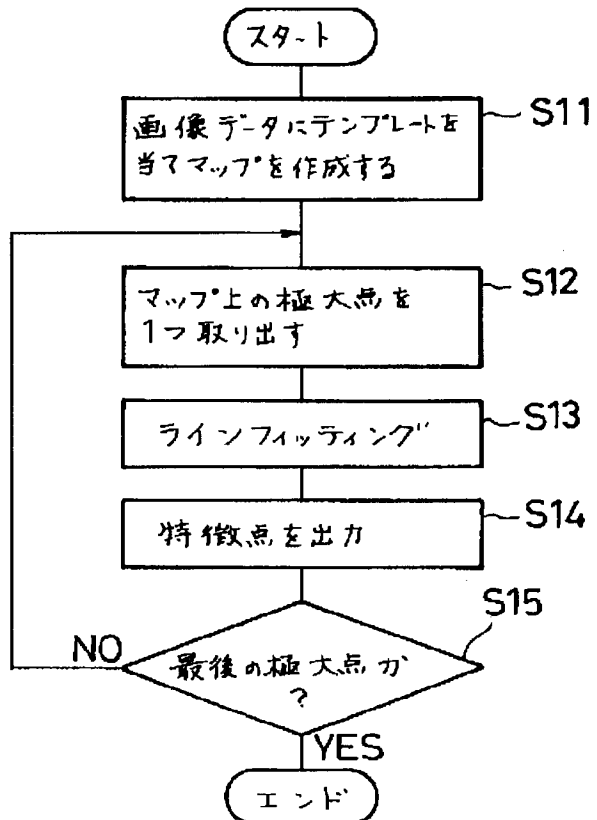
画像歪み検出

【図4】

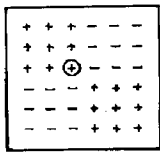


校正パターン

【図3】

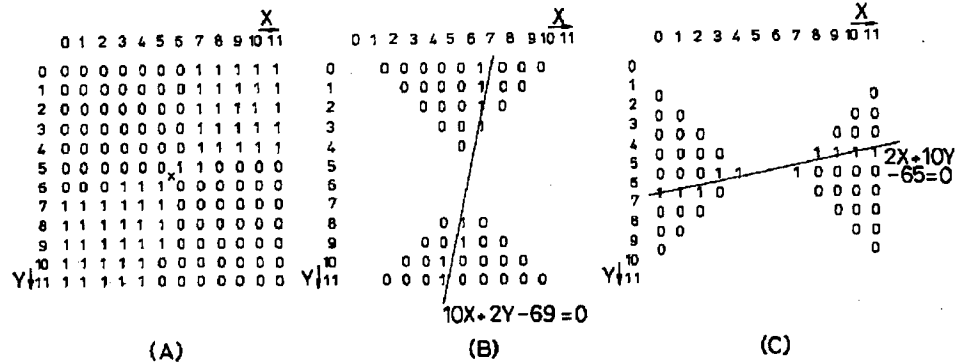


【図5】

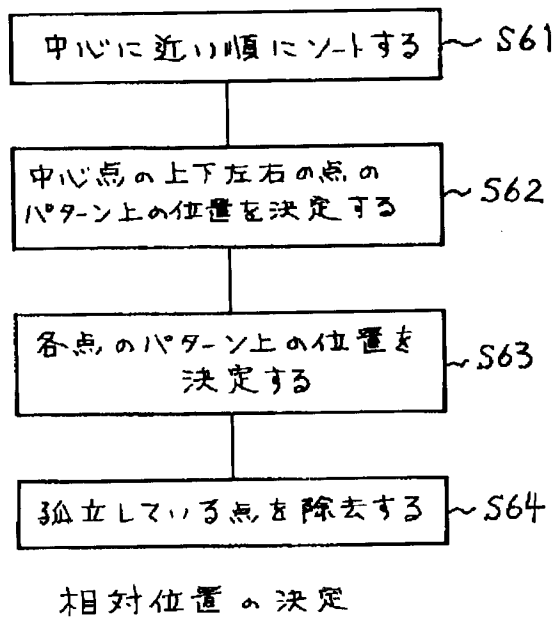


テンプレート

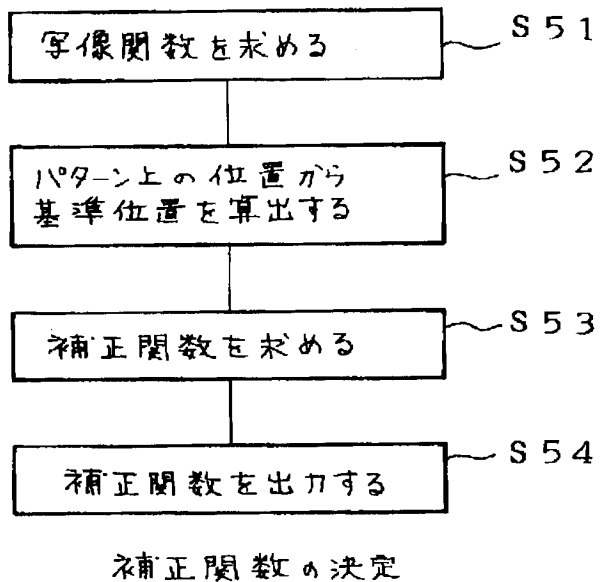
【図6】



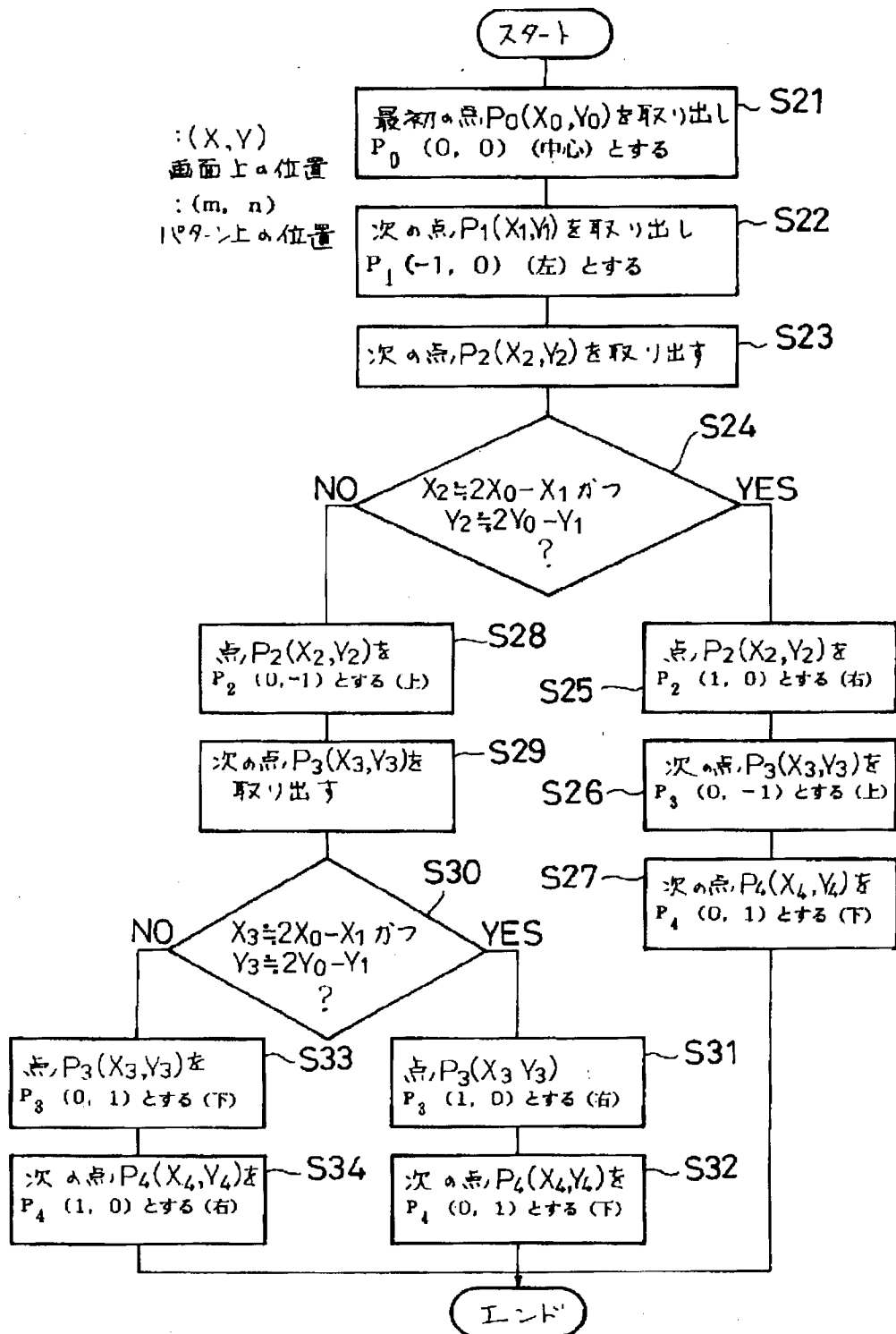
【図7】



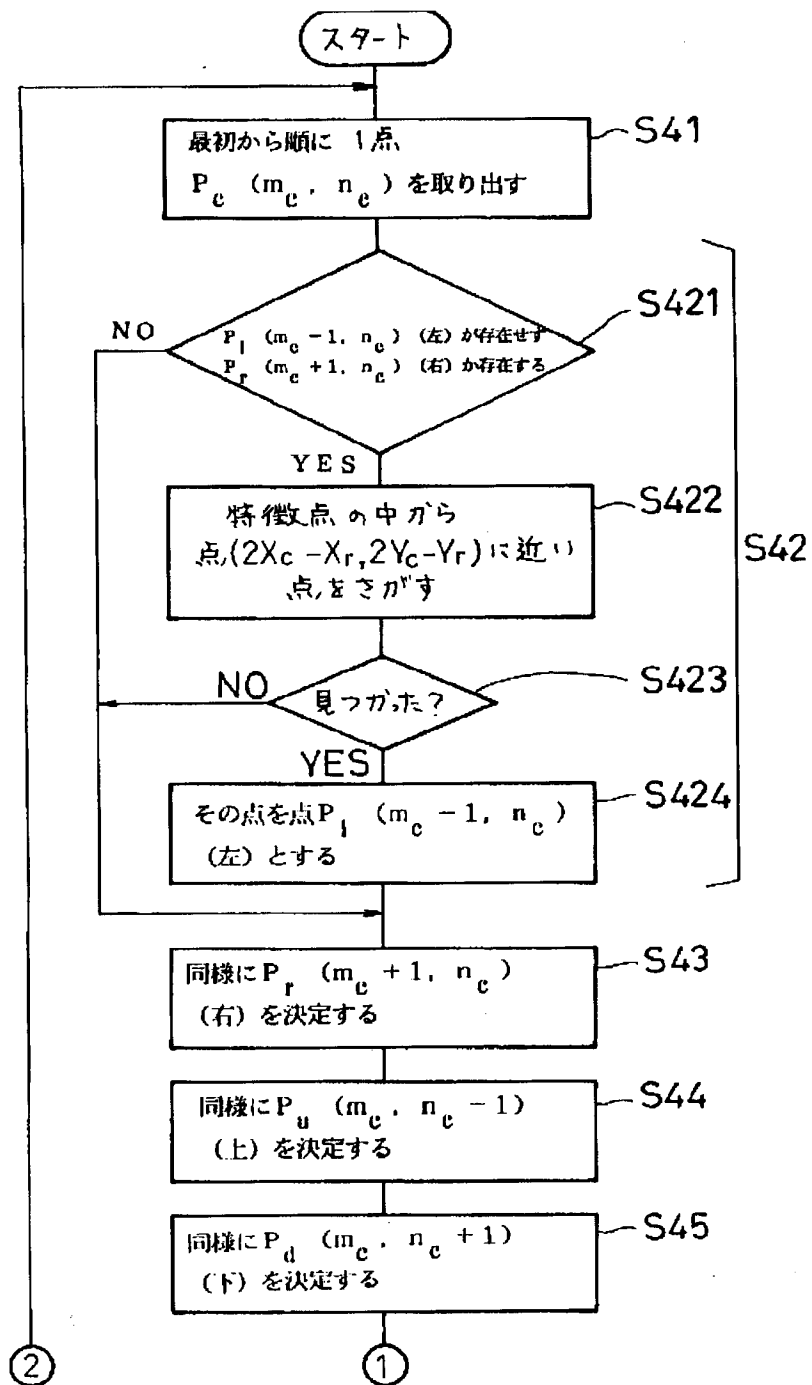
【図11】



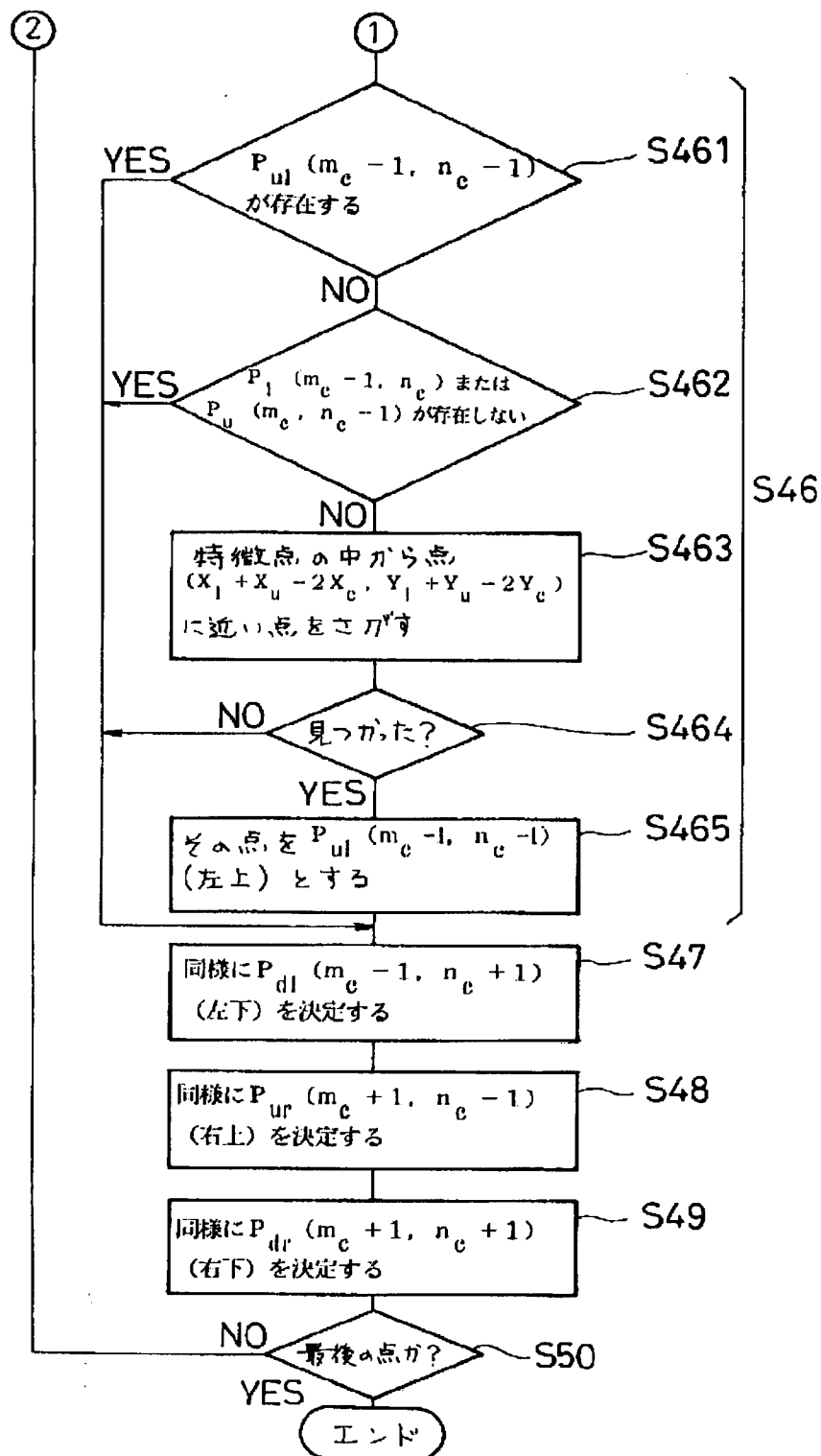
【図8】



【図9】



【図10】



【図12】

